

# SIFAT MEKANIS BETON OPC DAN OPC POFA MENGGUNAKAN AIR GAMBUT SEBAGAI AIR PENCAMPUR

Andrian Prasetyo<sup>1)</sup>, Monita Olivia<sup>2)</sup>, Ismeddyanto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: [andrian.prasetyo1992@gmail.com](mailto:andrian.prasetyo1992@gmail.com)

## Abstract

*Peat water containing a low pH is not recommended as concrete mixing water. Water has a pH below 7 is acidic water. The acidity of peat water can damage the quality and service life of concrete in the long term. The addition of the added material such as oil ash or Palm Oil Fuel Ash (POFA) may increase the formation of calcium silicate hydrate as a gel adhesive concrete. This study aims to measure the mechanical properties such as compressive strength, tensile strength and modulus elasticity of concrete with a compressive strength of 35 MPa. Concrete compressive strength OPC and OPC + 10% POFA using peat water as mixing water has decreased by 8.33% and 6.33% of the compressive strength of normal concrete. The results of tensile strength and modulus of elasticity sides show strong results in line with the press. The use of oil ash or Palm Oil Fuel Ash (POFA) showed a decrease in mechanical properties is smaller than OPC concrete with peat water as mixing water. The compressive strength of concrete using peat water as mixing water has a value of compressive strength greater than 90% of the compressive strength of normal concrete, so the peat water is still fit for use as concrete mixing water with treatment (curing) of plain water.*

**Keywords:** OPC, mechanical properties, palm oil fuel ash, peat water.

## A. PENDAHULUAN

### A.1 Latar belakang

Pada pelaksanaan pembangunan konstruksi di Provinsi Riau khususnya daerah-daerah terpencil yang terkendala ketersediaan air bersih sebagai campuran beton seperti air PDAM membuat para pelaksana teknis menggunakan air yang tersedia di sekitar lokasi (air gambut) sebagai air pencampur beton. Penggunaan air gambut sebagai air pencampur beton yang memiliki kandungan kimia tidak layak digunakan menyebabkan turunnya mutu beton dan mengurangi masa layannya. Hal ini dikarenakan air gambut mengandung sulfat, magnesium, ammonium, klorida, pH yang rendah dan minyak lemak. Hasil penelitian Rosani (2011) menunjukkan bahwa kandungan kimia air gambut seperti senyawa pirit dan sisa-sisa tumbuhan akan mempercepat kerusakan beton yang dibuat dari semen OPC murni. Selain Rosani (2011), Hutapea (2014) menyebutkan dalam penelitian mortar OPC yang direndam dalam air gambut mengalami penurunan seiring bertambahnya umur mortar. Begitu juga dalam penelitian Pradana (2016) menyebutkan bahwa pemaparan beton OPC di lingkungan gambut menurunkan nilai kuat tekan dan modulus elastisitas beton.

Ketahanan beton di lingkungan agresif seperti air laut dan lingkungan asam dapat ditingkatkan dengan menggunakan campuran fas rendah, semen khusus, *admixture* maupun

menggunakan bahan bersifat pozzolanik (pozzolan) (Nugraha & Antoni, 2007).

Pozzolan yaitu bahan yang mengandung silika dan alumina yang bersifat reaktif apabila bersenyawa dengan kapur dan air (ASTM C 618, 2001). Bahan-bahan pozzolan tersebut seperti abu terbang, *slag*, abu sekam padi, abu sawit dan lainnya. Bahan pozzolan berperan untuk meningkatkan kalsium silikat hidrat (C-S-H) pada beton yang akan memperkuat rekatan pada beton. Gel kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang merupakan hasil reaksi antara kalsium hidroksida dengan material pozzolan akan membentuk struktur yang lebih stabil (Nugraha & Antoni, 2007).

### A.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengkaji kuat tekan beton OPC dan OPC yang dicampur dengan POFA menggunakan air gambut sebagai air pencampur beton pada umur 28 hari.
2. Mengkaji kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton OPC dan OPC yang dicampur POFA menggunakan air gambut sebagai air pencampur beton pada umur 28 hari.

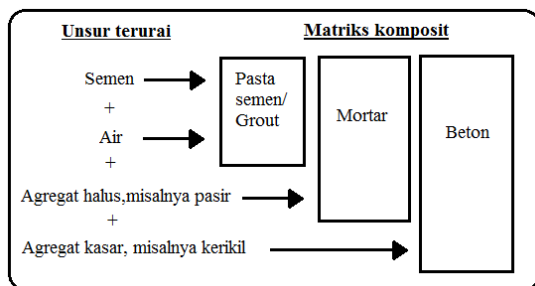
## B. TINJAUAN PUSTAKA

### B.1 Definisi Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Beton ini didapatkan dengan mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (*split*), atau jenis agregat lain dan air, dengan semen *Portland* atau semen hidrolik yang lain, kadang-kadang dengan bahan tambahan (*additive*) yang bersifat kimiawi. Menurut Karwur *et al.*, (2013) beton dapat didefinisikan sebagai campuran dari agregat halus dan agregat kasar dengan semen, yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu.

### B.2 Bahan Penyusun Beton

Beton ini didapatkan dengan mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (*split*), atau jenis agregat lain dan air, dengan semen *Portland* atau semen hidrolik yang lain, kadang-kadang dengan bahan tambahan (*additive*) yang bersifat kimiawi.



Gambar 1. Unsur-unsur Pembentuk Beton  
Sumber: Nugraha & Antoni (2007)

#### B.2.1 Agregat

Agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Apabila agregatnya baik beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama, (*durable*) dan ekonomis.

#### B.2.2 Air

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat kasar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen.

Menurut SNI 03-2847-2002 air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan

pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi.

1. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama
2. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

#### B.2.3 Semen

Semen berasal dari bahasa latin "*caementum*" yang berarti bahan perekat. Semen merupakan senyawa atau zat pengikat hidrolis yang terdiri dari senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang apabila bereaksi dengan air dapat meningkatkan bahan-bahan padat lainnya, membentuk satu kesatuan massa yang kompak, padat dan kets. Semen dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu semen hidraulis dan semen non-hidraulis. Semen hidraulis adalah semen yang mengeras bila bereaksi dengan air, tahan terhadap air (*water resistance*) dan stabil di dalam air setelah mengeras. Sedangkan semen non-hidraulis adalah semen (perekat) yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air.

Pada tingkat awal pencampuran semen dan air, sejumlah kecil dari *gyps* cepat terlarut, dan dapat berpengaruh terhadap reaksi-reaksi kimia lain yang sedang mulai. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Berikut kandungan empat senyawa pada semen Portland dan sifat masing-masing komposisinya dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Empat senyawa utama dari semen Portland

Nama oksida utama	Notasi pendek	Kandungan rata-rata (%)
Tri kalsium silikat	C <sub>3</sub> S	50
Dikalsium silikat	C <sub>2</sub> S	25

Trikalsium aluminoferrit	C <sub>3</sub> A	12
Tetrakalsium aluminoferrit	C <sub>4</sub> AF	8

Sumber: Nugraha & Antoni (2007)

### B.2.4 Mineral Tambahan

Mineral tambahan adalah bahan lain selain air, agregat, dan semen hidrolik yang ditambahkan ke campuran beton sebelum atau selama proses pencampuran. Penggunaan mineral tambahan ini memberikan efek tertentu pada campuran beton termasuk peningkatan mutu, percepatan atau memperlambat *setting time*, meningkatkan ketahanan terhadap serangan sulfat, dan meningkatkan *workability*.

### B.3 Abu Sawit (*palm oil fuel ash*)

Abu sawit atau *Palm Oil Fuel Ash* (POFA) merupakan limbah dari industri pengolahan kelapa sawit, yaitu sisa dari pembakaran cangkang dan serat kelapa sawit di dalam dapur atau tungku pembakaran yang disebut boiler. *Palm Oil Fuel Ash* (POFA) adalah suatu produk yang berasal dari serat kelapa, cangkang dan tandan kosong yang dibakar pada suhu 800-1000°C (Kroehong *et al.*, 2011).

Pada abu sawit terdapat kandungan silika yang bersifat reaktif apabila bereaksi dengan kapur bebas. Abu sawit termasuk kedalam bahan yang bersifat pozzolanik. Bahan pozzolanik merupakan material yang tidak mengikat seperti semen, namun mengandung senyawa silika oksida (SiO<sub>2</sub>) aktif yang apabila bereaksi dengan kapur bebas dan air membentuk material seperti semen yaitu kalsium silikat hidrat. Reaksi pozzolan dapat menghasilkan kalsium silikat hidrat (C-S-H) lebih yang merupakan senyawa gel serta mengurangi kalsium hidroksida (Sooraj, 2013; Ahmad *et al.*, 2008). Pradana, (2016) menyebutkan dalam penelitiannya bahwa POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) dapat mengurangi kapur bebas untuk mendapatkan beton yang baik.

### B.4 Air Gambut

Air gambut merupakan air permukaan dari tanah bergambut, dengan ciri-ciri berwarna coklat, bersifat asam dengan pH 3-5 dan banyak terdapat di daerah rawa maupun di

dataran rendah terutama di Sumatera dan Kalimantan. Pada air gambut terdapat mineral asam yang biasanya ditemukan dalam air tanah secara alami seperti di daerah rawa, yaitu *sulfuric acid*. *Sulfuric acid* ini dapat menyebabkan korosi tulangan beton dan juga menyerang beton itu sendiri. Berdasarkan ACI *Guide to Durable Concrete* tahun 1992 tanah gambut dapat mengandung *iron sulfide (pyrite)* yang selama oksidasi menghasilkan *sulfuric acid*.

Rosani (2011) menunjukkan dalam penelitiannya bahwa penggunaan air gambut sebagai air pencampur pada beton dapat menurunkan kuat tekan beton. Hal tersebut dikarenakan tingkat keasaman dari air gambut. Penelitian Chatveera & Lertwattanaruk (2014) juga menyebutkan beton dengan semen OPC murni sangat rentan terhadap serangan asam yang menyebabkan Ca(OH)<sub>2</sub> larut dalam air. Tingkat keasaman rendaman (pH) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi ketahanan beton mutu tinggi.

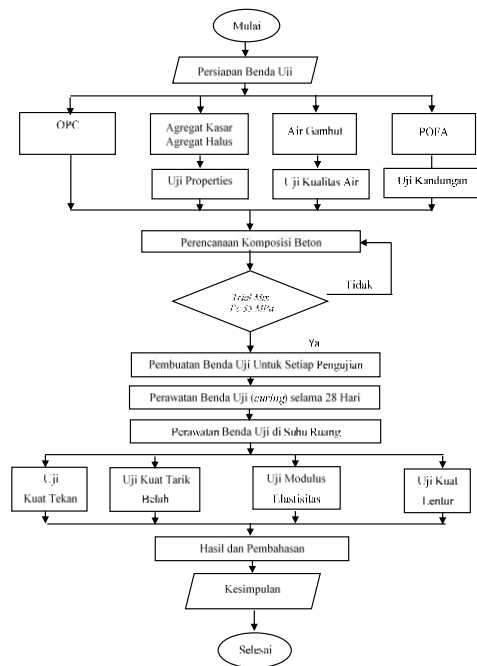
## C. METODOLOGI PENELITIAN

### C.1 Pemeriksaan Karakteristik Material

Pemeriksaan material terdiri dari pemeriksaan karakteristik agregat kasar, agregat halus, dan komposisi kimia abu sawit (*palm oil fuel ash*). Pemeriksaan agregat kasar dan halus terdiri dari analisa saringan, kadar air, berat jenis, berat volume, abrasi los angeles, kadar lumpur, dan kadar organik. Pemeriksaan komposisi kimia abu sawit (*palm fuel ash*) dilakukan dengan mengirim sebagian sampel ke Laboratorium Badan Riset dan Standarisasi Industri Padang.

### C.2 Flowchart Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri atas tahapan yang telah dijelaskan di atas, dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

### C.3 Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian beton sesuai umur rencana 28 hari dengan menggunakan air gumbul sebagai air pencampur. Pengujian yang dilakukan yaitu kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas.

#### C.3.1 Tahapan Pengujian Kuat Tekan

Menentukan kuat tekan beton dilakukan dengan prosedur berikut.

1. Mengambil benda uji dari bak perendaman kemudian mengeringkannya selama  $\pm 24$  jam.
2. Benda uji diberi *capping* (lapisan belerang) pada permukaan beton agar permukaannya rata.
3. Menimbang benda uji.
4. Meletakkan benda uji dengan posisi tegak pada kerangka alat uji tekan (*Compression Test Machine*).



*Machine*).

5. Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur.
6. Mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian.
7. Menghitung kuat tekan beton dihitung yaitu beban maksimum persatuan luas permukaan silinder.

Gambar 3. Pengujian kuat tekan beton

#### C.3.2 Tahap Pengujian Kuat Tarik Belah

Menentukan kuat tarik belah beton dilakukan dengan prosedur berikut.

1. Mengambil benda uji dari bak perendaman, kemudian keringkan selama  $\pm 24$  jam.
2. Menimbang berat benda uji.
3. Memberikan penandaan pada benda uji. Dengan cara menarik garis tengah pada setiap sisi ujung benda uji dengan menggunakan alat bantu yang sesuai, sehingga dapat memastikan bahwa kedua garis tengah tadi berada dalam bidang aksial yang sama.
4. Meletakkan sebuah pelat atau batang penekan tambahan diatas meja tekan bagian bawah mesin uji tekan secara simetris,
5. Meletakkan benda uji secara mendatar (horizontal) pada pelat.
6. Atur posisi pengujian hingga tercapai kondisi. Proyeksi dari bidang yang ditandai oleh garis tengah pada kedua ujung benda uji tepat berpotongan dengan titik tengah meja penekan bagian atas dari mesin uji. Bila digunakan pelat atau batang penekan tambahan pada titik tengahnya dan titik tengah benda uji harus berada



tepat di bawah titik tengah meja penekan bagian atas dari mesin uji.

7. Melakukan pembebanan sampai benda uji terbelah.
8. Mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian benda uji.
9. Menghitung kuat tarik belah beton.



Gambar 4. Pengujian kuat tarik belah

### C.3.3 Tahap Pengujian Modulus Elastisitas

Menentukan modulus elastisitas beton dilakukan dengan prosedur berikut.

1. Mengambil benda uji dari bak perendaman, kemudian benda uji dikeringkan selama  $\pm 24$  jam.
2. Benda uji yang telah dikeluarkan tadi di beri *capping* (diberi lapisan belerang) pada permukaannya agar permukaan beton menjadi rata.
3. Menimbang benda uji.
4. Memasang alat kompresometer pada benda uji dengan benar dan kokoh, kemudian pasang alat pengukur deformasi (*dial gauge*) pada posisi yang tepat.
5. Meletakkan benda uji yang telah diberi alat ukur deformasi (*dial gauge*) pada mesin uji tekan dengan kedudukan simetris.
6. Melepaskan besi penahan pada alat kompresometer.
7. Menjalankan mesin uji tekan dan memberikan pembebanan secara teratur, sampai benda uji hancur.
8. Mencatatlah regangan/deformasi setiap peningkatan beban 50 kN.
9. Mencatat regangan yang dicapai pada saat pembebanan mencapai 40% beban maksimum.
10. Menghitung modulus elastisitas beton sesuai dengan persamaan

Gambar 5. Pengujian modulus elastisitas

## D. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### D.1 Analisis Karakteristik Abu Sawit

Pengujian ini dilakukan dengan mengirimkan abu sawit ke Laboratorium Badan Riset dan Standarisasi Industri Padang. Abu sawit yang diuji adalah lolos saringan No. 200.

Tabel 2. Komposisi kimia abu sawit

Parameter	Hasil	
SiO <sub>2</sub>	45,16	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,96	%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,47	%
MgO	1,61	%
CaO	9,72	%
Na <sub>2</sub> O	0,05	%
K <sub>2</sub> O	6,57	%
MnO	0,1	%
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,77	%



SO <sub>3</sub>	3,56	%
Cu	0,02	ppm
Zn	0,02	ppm
Kadar air	0,41	%

Sumber: Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang

Pemeriksaan komposisi abu sawit (*palm oil fuel ash*) dilakukan untuk mengetahui kadar senyawa pozzolanik yang terkandung dalam abu sawit yang akan digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton.

Dari Tabel 2 diketahui bahwa abu sawit PT. PKS GAS, Kandis, Riau sebagian besar tersusun atas Silikon Dioksida (SiO<sub>2</sub>) sebesar 45,16 %, Aluminium Oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebesar 15,96 %. Berdasarkan Tabel 3 tersebut dapat dilihat bahwa jumlah kandungan SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih dari 60%. ASTM C168 mengklasifikasikan POFA dalam bahan pozzolan tipe C.

## D.2 Analisis Properties Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat kasar dan halus yang akan di pakai dalam campuran beton. Agregat ini diperoleh dari Air Hitam, Pekanbaru

Tabel 3. Karakteristik agregat kasar

N o	Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan	Standar spesifikasi
1	Berat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )		
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,65	2,5-2,7
	b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,51	2,5-2,7
	c. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,56	2,5-2,7
	d. <i>Absorption (%)</i>	2,09	2-7
2	Kadar Air (%)	0,4	3-5
3	Modulus		
4	Kehalusan	6,41	5-8
5	Ketahanan (%)	34,18	< 40
5	Berat Volume		
	a. Kondisi padat	1,48	>1,2
	b. Kondisi gembur	1,36	>1,2

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa modulus kehalusan butiran adalah 6,41, dan masuk dalam standar spesifikasi agregat kasar yaitu 5-8. Berdasarkan pengujian berat jenis didapat berat jenis agregat sesuai standar spesifikasi agregat halus 2,58-2,83. Apabila berat jenis agregat tinggi, maka menghasilkan berat jenis beton yang tinggi dan memiliki kuat tekan yang tinggi pula. Hasil pemeriksaan agregat (*absorption*) 2,09% memenuhi standar spesifikasi penyerapan agregat yaitu 2-7 %. Hasil pemeriksaan berat volume agregat kasar, yaitu 1,48 gr/cm<sup>3</sup> untuk kondisi padat dan 1,36 gr/cm<sup>3</sup> untuk kondisi gembur. Hasil analisa berat volume agregat kasar ini memenuhi standar spesifikasi berat volume 1,40-1,90 gr/cm<sup>3</sup>. Kepadatan agregat menyebabkan volume pori beton kecil dan kekuatannya bertambah. Hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar ini tidak memenuhi standar spesifikasi yaitu 0,4 % dengan rentang 3-5 %. Hasil pemeriksaan ketahanan agregat dengan mesin *Los Angeles* adalah gradasi B dengan ketahanan agregat sebesar 34,18 %. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi ketahanan aus agregat yaitu < 40 %.

Tabel 4. Karakteristik Agregat Halus

N o	Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan	Standar spesifikasi
1	Kadar Lumpur (%)	2,34	<5
2	Berat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )		
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,61	2,5 - 2,7
	b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,60	2,5 - 2,7
	c. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,60	2,5 - 2,7
	d. <i>Absorption (%)</i>	0,2	2 - 7
3	Kadar Air (%)	0,2	3 - 5
4	Modulus		
5	Kehalusan	2,22	1,5 - 3,8
5	Berat Volume		
	a. Kondisi padat	1,67	>1,2
	b. Kondisi gembur	1,51	>1,2
6	Kadar organik	No. 2	<No.3

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa modulus kehalusan butiran adalah 2,22 masih

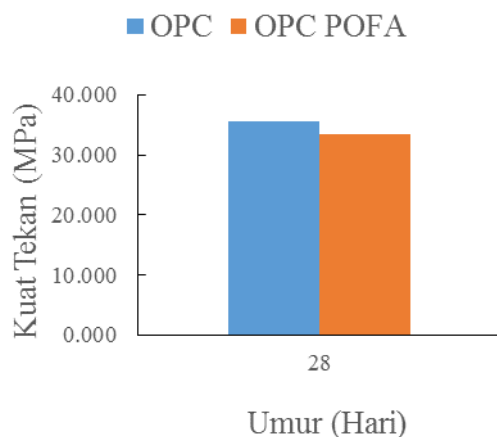
masuk dalam *finesess modulus* agregat halus yaitu 1,5-3,8. Berdasarkan pengujian berat jenis didapat berat jenis agregat sesuai dalam standar spesifikasi agregat halus 2,58-2,83. Hasil pemeriksaan agregat (*absorption*) 0,2 %. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi penyerapan agregat yaitu 2-7 %.

Hasil pemeriksaan berat volume agregat halus didapat bahwa volume agregat halus yaitu 1,67 gr/cm<sup>3</sup> untuk kondisi padat dan 1,51 gr/cm<sup>3</sup> untuk kondisi gembur. Hasil analisa berat volume agregat halus ini memenuhi standar spesifikasi berat volume 1,40-1,90 gr/cm<sup>3</sup>. Kepadatan agregat menyebabkan volume pori beton kecil dan kekuatannya bertambah. Kadar lumpur atau kotoran agregat halus quarry air hitam, Pekanbaru memenuhi standar spesifikasi yaitu 2,34 %. Pemeriksaan kadar air yang dilakukan, diketahui bahwa kadar air agregat halus quarry air hitam, Pekanbaru yaitu 0,2 %. Hasil pengujian kadar air agregat halus ini tidak memenuhi standar spesifikasi 3-5 %. Hal ini perlu penambahan atau pengurangan air dalam campuran beton. Hasil pemeriksaan kadar organik yang diperoleh adalah warna No.2. Warna ini memenuhi standar spesifikasi kadar organik agregat halus yaitu < No.3. Hasil pemeriksaan tersebut menunjukkan kadar organik yang terkandung tidak tinggi sehingga bagus untuk campuran beton.

### D.3 Hasil Pengujian Beton

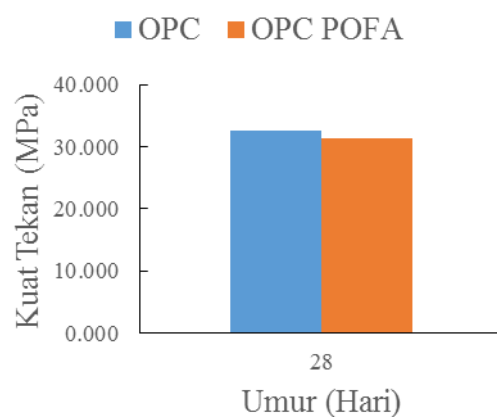
#### D.3.1 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pengujian kuat tekan ini dilakukan untuk semua tipe beton dan campuran air.



Gambar 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton umur 28 hari menggunakan air biasa

Berdasarkan pada Gambar 6, hasil kuat tekan beton OPC lebih tinggi dibandingkan beton OPC+10% POFA dengan nilai 35,65 MPa dan 33,53 MPa. Hal ini disebabkan oleh lambatnya reaksi pozzolanik pada POFA dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) hasil hidrasi semen dan air. Mehta & Monteiro (2006) menyatakan reaksi yang dihasilkan antara pozzolan dan kalsium hidroksida akan bersifat lambat karena bahan pozzolan hanya bereaksi dengan kapur bebas (kalsium hidroksida) hasil hidrasi semen dan air.

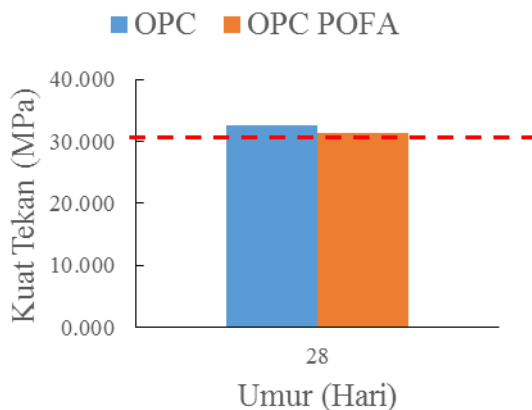


Gambar 7. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari menggunakan air gambut

Pada gambar 7 menunjukkan hasil penurunan kuat tekan beton OPC+10% POFA dengan persentase penurunan 3,9% dibandingkan beton OPC. Hasil kuat tekan beton masing-masing jenis semen yaitu 32,68 MPa untuk beton OPC dan 31,41 MPa untuk beton OPC+10% POFA. Selain terjadinya penurunan beton OPC+10% POFA dibandingkan beton OPC, kuat tekan beton masing-masing jenis semen tidak mencapai kuat tekan rencana yakni 35 MPa pada umur 28 hari. Tidak tercapainya kuat tekan beton yang menggunakan air gambut sebagai air pencampur disebabkan oleh pengaruh  $\text{CO}_2$  yang terdapat pada air gambut yang apabila bereaksi dengan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) hasil reaksi kalsium hidroksida dengan  $\text{CO}_2$  pada tanah membentuk kalsium bikarbonat yang mudah larut dalam air. Allahverdi & Škvára, (2000) menyebutkan bahwa  $\text{CO}_2$  yang terkandung dalam air gambut akan bereaksi kembali dengan kalsium karbonat hasil hidrasi

kalsium hidroksida dengan  $\text{CO}_2$  pada tanah dan membentuk kalsium bikarbonat ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) yang larut dalam air.

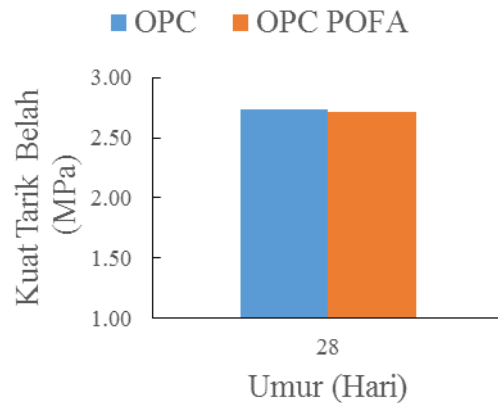
Gambar 8. Menunjukkan hasil bahwa 90% beton OPC air biasa bernilai 32,09 MPa dan beton 30,18 MPa beton OPC+10% POFA. Sedangkan beton OPC dan OPC+10% POFA yang menggunakan air gambut sebagai pencampur memiliki nilai masing-masing 32,68 MPa dan 31,41 MPa. Dari hasil di atas menunjukkan bahwa air gambut masih bisa digunakan sebagai air pencampur karena memiliki nilai lebih dari 90% kuat tekan beton normalnya. Sebagaimana yang telah disebutkan dalam SNI 03-2847-2002 tentang syarat air yang digunakan sebagai air pencampur beton.



Gambar 8. Perbandingan 90% beton normal dengan beton menggunakan air gambut

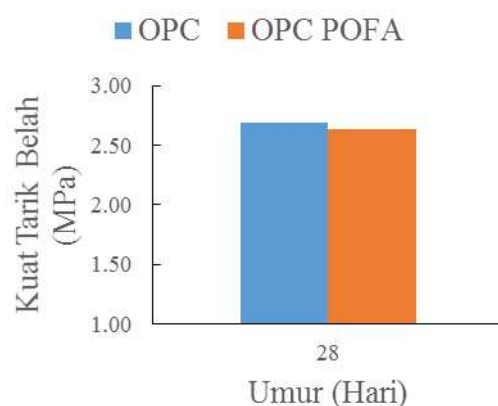
### D.3.2 Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada umur beton 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian kuat tarik belah ini dilakukan untuk semua tipe beton dan campuran air.



Gambar 9. Hasil pengujian kuat tarik belah beton umur 28 hari menggunakan air biasa

Berdasarkan kuat tarik belah beton yang ditunjukkan pada Gambar 9 menunjukkan nilai kuat tarik belah beton OPC yakni 2,74 MPa dan beton OPC+10% POFA yakni 2,71 MPa sehingga menunjukkan persentase penurunan sebesar 0,86%. Hasil tersebut memperlihatkan reaksi pozzolanik pada POFA baru akan bereaksi dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  hasil hidrasi semen dan air sehingga pembentukan kalsium silikat hidrat menjadi lambat dan memperlihatkan kuat tarik belah beton OPC+10% POFA lebih rendah dari beton OPC. Berdasarkan penelitian Awal & Nguong, (2010) kuat tarik belah beton OPC menggunakan campuran POFA memiliki perkembangan kuat tarik belah lambat pada umur awal.



Gambar 10. Hasil pengujian kuat tarik belah beton umur 28 hari menggunakan air gambut

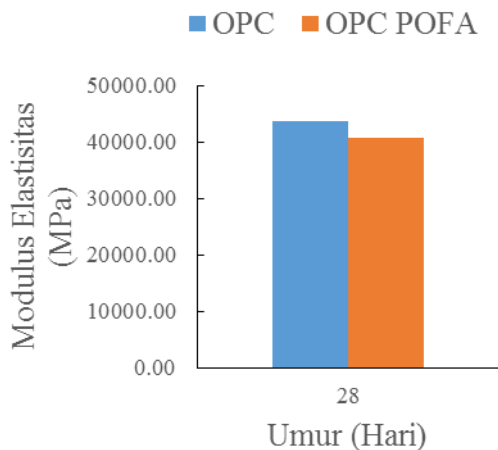
Gambar 10 menunjukkan hasil kuat tarik belah beton OPC+10% POFA lebih rendah dibandingkan beton OPC dengan persentase penurunan 1,75%. Hasil tersebut menunjukkan



bahwa air gambut tidak memperlihatkan kerusakan yang berat terhadap beton, hal ini dikarenakan beberapa kandungan kimia pada air gambut masih berada di bawah batas maksimum kandungan kimia air sebagai pencampur beton. Kemudian hal ini disebabkan reaksi semen OPC dengan air gambut. Pradana (2016) menyebutkan bahwa hal ini disebabkan oleh asam sulfat yang terlarut di lingkungan gambut akan bereaksi dengan ( $C_4AF$ ) yang terhidrasi.

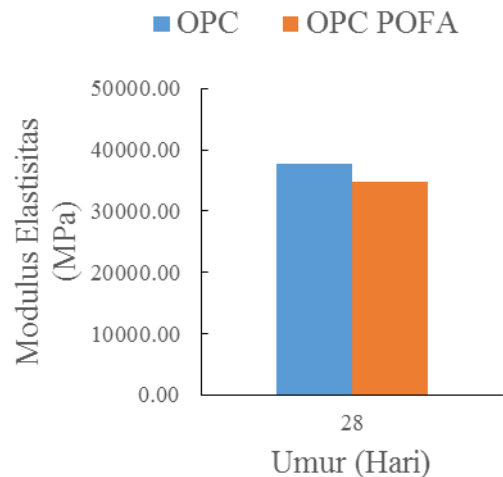
### D.3.3 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilakukan pada umur beton 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian modulus elastisitas ini dilakukan untuk semua tipe beton dan campuran air.



Gambar 11. Hasil pengujian modulus elastisitas beton umur 28 hari menggunakan air biasa

Gambar 11 menunjukkan hasil modulus elastisitas beton OPC lebih tinggi dibandingkan beton OPC POFA. Modulus elastisitas beton OPC yakni 43808,76 MPa sedangkan beton OPC POFA yakni 40779,02 MPa dengan persentase penurunan 6,92% dibandingkan beton OPC.



Gambar 12. Hasil pengujian modulus elastisitas beton umur 28 hari menggunakan air gambut

Gambar 12 menunjukkan modulus elastisitas beton OPC POFA menggunakan air gambut sebagai air pencampur lebih rendah dibandingkan beton OPC. Banyaknya pori pada beton OPC POFA dibandingkan beton OPC memperlihatkan nilai modulus elastisitas yang rendah. Hal ini dikarenakan terbentuknya reaksi kalsium bikarbonat yang mudah larut dalam air. Kalsium bikarbonat terbentuk akibat reaksi dari kalsium karbonat dengan  $CO_2$  yang terdapat pada air gambut. Semakin banyaknya reaksi kalsium bikarbonat maka beton akan semakin kropos karena terlarutnya kalsium hidroksida yang akan membentuk kalsium silikat hidrat apabila bereaksi dengan silika pada POFA.

## E. KESIMPULAN DAN SARAN

### E.1 Kesimpulan

1. Kuat tekan beton yang menggunakan air gambut sebagai air pencampur beton memiliki nilai kuat tekan lebih besar dari 90% kuat tekan beton normal, sehingga air gambut masih layak digunakan sebagai air pencampur beton.
2. Kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton yang menggunakan air biasa sebagai air pencampur beton lebih besar nilainya dibandingkan beton yang menggunakan air gambut sebagai air pencampur beton, hal ini dipengaruhi oleh kandungan asam yang dapat menurunkan mutu beton.
3. Nilai kuat tekan beton sejalan dengan kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.

## E.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian lanjutan dengan menggunakan air gambut sebagai air pencampur beton dirawat di lingkungan gambut.
2. Adanya variasi bahan tambah yang digunakan untuk pembuatan beton

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI 201.2R-01. (2008). *Guide to Durable Concrete*. ACI Committee 201.
- Ahmad, M. H., Omar, R. C., Malek, M. A., Noor, N. M., & Thiruselvam, S. (2008). Compressive Strength of Palm Oil Fuel Ash Concrete. *International Conference On Construction and Building Technology 2008*, (27), 297–306.
- Allahverdi, A. L. I., & Škvára, F. (2000). *Acidic Corrosion Of Hydrated Cement Based Materials* (Vol. 44). Czech Republic.
- Awal, A. S. M. A., & Nguong, S. K. (2010). A Short-Term Investigation On High Volume Palm Oil Fuel Ash (POFA) Concrete.
- Chatveera, B., & Lertwattanakul, P. (2014). Evaluation of nitric and acetic acid resistance of cement mortars containing high-volume black rice husk ash. *Journal of Environmental Management*, 133, 365–373.  
<http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.12.010>
- Hutapea, U. (2014). *Ketahanan Mortar di lingkungan Gambut*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Karwur, H. Y., Tenda, R., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2013). Kuat tekan beton dengan bahan tambah serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen, 1(4).
- Kroehong, W., Sinsiri, T., & Jaturapitakkul, C. (2011). Effect of Palm Oil Fuel Ash Fineness on Packing Effect and Pozzolanic Reaction of Blended Cement Paste. *Procedia Engineering*, 14, 361–369.  
<http://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.045>
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2006). *Concrete Microstructure, Properties, and Materials* (Third Edit). Universitas Of California at Berkeley.
- Muslim dan Kurniawan. (2008). *Fakta Hutan & Kebakaran*. Pekanbaru.
- Najiyati, S., Muslihat, L., & Suryadiputra, I. N. N. (2005). *Panduan Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian Berkelanjutan*. (I. Ar-Riza, Ed.). Bogor: Wetlands Internasional-Indonesia Programme.
- Pradana, T. (2016). *Sifat Mekanik dan Porositas Beton Semen OPC, PCC, dan OPC POFA di Lingkungan Gambut*. SNI 03-2847-2002. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version).
- Sooraj VM. (2013). Effect of Palm Oil Fuel Ash (POFA) on Strength Properties of Concrete. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(6), 2250–3153. Retrieved from [www.ijsrp.org](http://www.ijsrp.org)